

***PROTOTYPE* SISTEM BUKA TUTUP OTOMATIS PADA PINTU AIR BENDUNGAN UNTUK MENGATUR KETINGGIAN AIR BERBASIS ARDUINO**



PUBLIKASI ILMIAH

**Disusun sebagai salah satu syarat menyelesaikan Program Studi Strata I pada Jurusan Elektro
Fakultas Teknik**

Oleh:

MUHAMMAD ROSYID ALFATAH

D 400 120 005

**PROGRAM STUDI ELEKTRO
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA**

2016

HALAMAN PERSETUJUAN

**PROTOTYPE SISTEM BUKA TUTUP OTOMATIS PADA PINTU AIR
BENDUNGAN UNTUK MENGATUR KETINGGIAN AIR BERBASIS
ARDUINO**

PUBLIKASI ILMIAH

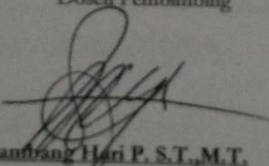
oleh:

MUHAMMAD ROSYID ALFATAH

D 400 120 005

Telah diperiksa dan disetujui untuk diuji oleh:

Dosen Pembimbing


Bambang Hari P. S.T., M.T.
NIK. 654

HALAMAN PENGESAHAN

**PROTOTYPE SISTEM BUKA TUTUP OTOMATIS PADA PINTU AIR
BENDUNGAN UNTUK MENGATUR KETINGGIAN AIR BERBASIS
ARDUINO**

OLEH

MUHAMMAD ROSYID ALFATAH

D 400 120 005

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
Fakultas Teknik Elektro
Universitas Muhammadiyah Surakarta
Pada hari Kamis, 28 April 2016
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Dewan Penguji:

1. Bambang Hari P. S.T., M.T
(Ketua Dewan Penguji)
2. Dedi Ari Prasetya, S.T
(Anggota I Dewan Penguji)
3. Abdul Basith, S.T., M.T
(Anggota II Dewan Penguji)

(.....)

(.....)

(.....)

Dekan,



Ir. Sri Sunarjono, M.T., Ph.D

NIK.

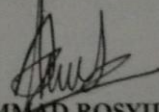
PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan orang lain, kecuali secara tertulis diacu dalam naskah dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kelak terbukti ada ketidakbenaran dalam pernyataan saya di atas, maka akan saya pertanggungjawabkan sepenuhnya.

Surakarta, 28 April 2016

Penulis



MUHAMMAD ROSYID ALFATAH

D 400 120 005

PROTOTYPE SISTEM BUKA TUTUP OTOMATIS PADA PINTU AIR BENDUNGAN UNTUK MENGATUR KETINGGIAN AIR BERBASIS ARDUINO

Muhammad Rosyid Alfatah

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

mrosyid.alf@gmail.com

Bambang Hari P. S.T.,M.T

Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surakarta

bambanghari.p@gmail.com

Abstrak

Pengendalian ketinggian air pada bendungan selama ini masih dilakukan secara manual dengan memanfaatkan operator manusia, yang mana dalam hal ini terkadang terjadi kesalahan dalam pengambilan keputusan ataupun pembacaan ketinggian air karna kesalahan manusia.

Dalam penelitian ini, penulis memberikan solusi dengan adanya sistem otomatis pada pintu air bendungan atau waduk, sehingga ketika kondisi level air pada ketinggian tertentu pintu air ini dapat terbuka secara otomatis dengan memanfaatkan penggunaan sensor ultrasonik dan dengan kontrol Arduino. Adapun untuk menentukan terbuka atau tertutupnya pintu air ada beberapa kondisi atau ukuran pembacaan sensor yang dijadikan acuan untuk proses ini. Dalam hal ini tidak hanya pendeteksian ketinggian air pada satu lokasi, namun pada beberapa daerah aliran sungai yang mana data hasil pembacaan sensor akan dikirim melalui *transmitter* dan diterima oleh *receiver* di pusat kontrol. Hal ini di peruntukkan sebagai media informasi mengenai kondisi sungai dan bendungan.

Sistem otomatis ini dapat mempermudah dalam hal pemantauan kendali ketinggian air di bendungan dan sungai yang menerapkan sistem ini. Adanya sistem ini diharapkan dapat memperkecil respon lambat yang di sebabkan oleh kesalahan manusia, dan juga mempermudah pekerjaan bagi petugas yang sedang berjaga dalam pemantauan.

Kata Kunci: Sensor Ultrasonik, Arduino, Bendungan, Level Air..

Abstracts

Through this day, water leveling in dam still use manual control and human operator, which can make error in decision making or observating water level because human error.

In this paper, writer give a solution with this automatic system for dam to open and close valve, so while water level reach some point or condition will make door/valve open automatically. This can be happen because writer use ultrasonic sensor for observation or controlling water level and connect that sensor to open hardware Arduino. Otherwise to control door open or close there is some condition or result of sensor value that use for reference of decision making. In this case not only checking water level in one location, but in other location for collecting data about water level in river flow, and data what we get will send via transceiver and will receive in control center for reference. This is need to do for information about river and dam condition, especially water level.

This automatic system can help and make easy observation water level in dam and river that use this system, and writer hope with this system will reduce slow respon and human error, and make operator easier in controlling.

Keywords: Ultrasonic sensor, Arduino, Dam, Water Level.

1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, dengan meningkatnya populasi manusia dan semakin berkurangnya daerah serapan air akibat dari banyaknya proyek pembangunan yang kurang memperhatikan lahan hijau. Dan kurangnya kesadaran dari masyarakat mengenai pentingnya menjaga aliran air baik itu di wilayah sungai ataupun bendungan atau waduk, banyak masyarakat yang masih membuang sampah secara sembarangan sehingga menyebabkan penyumbatan sungai yang pada akhirnya dapat menyebabkan terjadinya banjir pada wilayah tersebut.

Dengan adanya masalah ini, pengaturan ketinggian air pada sungai ataupun bendungan sangat diperlukan dalam menghadapi curah hujan yang tidak menentu di masing-masing wilayah. Selama ini dalam pengaturan buka tutup pintu air bendungan dan sungai masih secara manual dan masih memerlukan banyak pertimbangan sebelum dapat melaksanakan kontrol tersebut. Oleh sebab itu, dalam menyikapi permasalahan tersebut penulis akan memberikan solusi berupa kontrol buka tutup pintu air bendungan dan sungai secara otomatis dengan mempertimbangkan beberapa aspek yang akan di atur sedemikian rupa agar sistem dapat bekerja dengan maksimal. Diharapkan dengan sistem ini nantinya dalam kontrol ketinggian air akan lebih mudah di awasi dan dalam proses komunikasi antar wilayah dapat terintegrasi dalam satu kesatuan sehingga dalam pengambilan keputusan dapat dengan cepat dan tepat.

Arnawa (2016) menyatakan bahwa penyediaan informasi mengenai kondisi ketinggian air pada bendungan sangat di perlukan untuk persiapan wilayah sekitar dan untuk meningkatkan kewaspadaan akan terjadinya banjir, dengan memanfaatkan sensor ultrasonik untuk mendeteksi perubahan ketinggian air bendungan. Sensor ultrasonik yang digunakan memiliki kehandalan lebih baik daripada sensor yang jarak yang lain, yang dibuktikan dengan pengujian menggunakan algoritma *Markov Localization* (Panich, 2010). Selain itu dalam pemanfaatan kemampuan sensor ultrasonik pada *prototype* hanya dalam skala centimeter, namun apabila dalam penggunaan sebenarnya maka akan disesuaikan dengan kondisi di lapangan, maka diperlukan adanya akuisisi atau *check and balance* data pembacaan nilai sensor dengan kondisi agar tidak terjadi banyak kesalahan (Youngtae, 2014).

Penanggulangan atau persiapan untuk menangani banjir ini sendiri memang sangat penting, karna apabila terjadi kelebihan kuota pada bendungan dan tidak segera disalurkan, hal ini dapat menyebabkan jebolnya bendungan dan pada akhirnya mengakibatkan banjir yang besar, maka dengan adanya sistem ini diharapkan kendali ketinggian air dapat lebih mudah di pantau oleh yang berkepentingan. Oleh sebab itu adanya sistem yang *real time* dalam pemantauan ketinggian air pada bendungan sangat penting adanya, dan perlu diwujudkan secara nyata (Sheltami, 2015).

Penggunaan motor servo sebagai penggerak pada *prototype* alat memang sangat tepat, karna motor servo dapat bergerak dari derajat 0 hingga derajat 180, yang mana akan berguna dan mudah digunakan untuk alat yang hanya bersifat buka tutup (Rinaldi, 2014).

1.1 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut.

- Bagaimana merancang dan membuat *prototype* sistem buka tutup otomatis pada pintu air berbasis arduino.
- Bagaimana membuat hubungan komunikasi antara pemancar dan penerima sinyal yang dihubungkan ke arduino.
- Bagaimana merancang sistem penentu keputusan untuk membuka atau menutup pintu air berdasar pada input dari sensor ultrasonik.

1.2 Pemecahan Masalah

- Sistem penggerak menggunakan motor servo 1 buah dengan dilengkapi gear motor.
- Arduino yang digunakan adalah 2 buah Arduino R3 dan 2 buah Arduino Nano.
- Pemrograman yang digunakan adalah IDE arduino.
- Pemancar dan penerima yang digunakan adalah modul *Transmitter* 433Hz dan *Receiver* 433Hz.
- Sensor yang digunakan adalah sensor ultrasonik HC-SR04.

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang dikaji maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut.

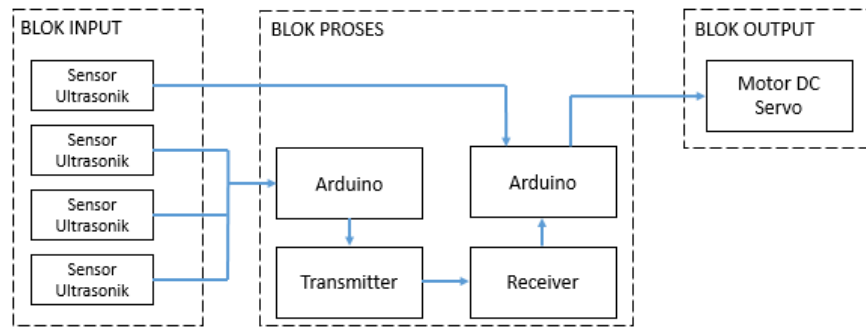
- Dapat merancang dan membuat *prototype* sistem buka tutup otomatis pintu air pada bendungan.
- Dengan sistem ini di harapkan akan mengurangi dampak banjir karna di dukung sistem pemberian informasi mengenai ketinggian air.
- Dengan penggunaan pemancar dan penerima sinyal ini diharapkan apabila terjadi perubahan ketinggian air sungai yang terdeteksi oleh sensor dapat diketahui dengan cepat di pusat kendali sistem.

2. METODE

Untuk mengatasi dan menyelesaikan permasalahan yang telah dituliskan sebelumnya dalam perancangan dan pembuatan alat, maka akan dilakukan beberapa langkah sebagai berikut.

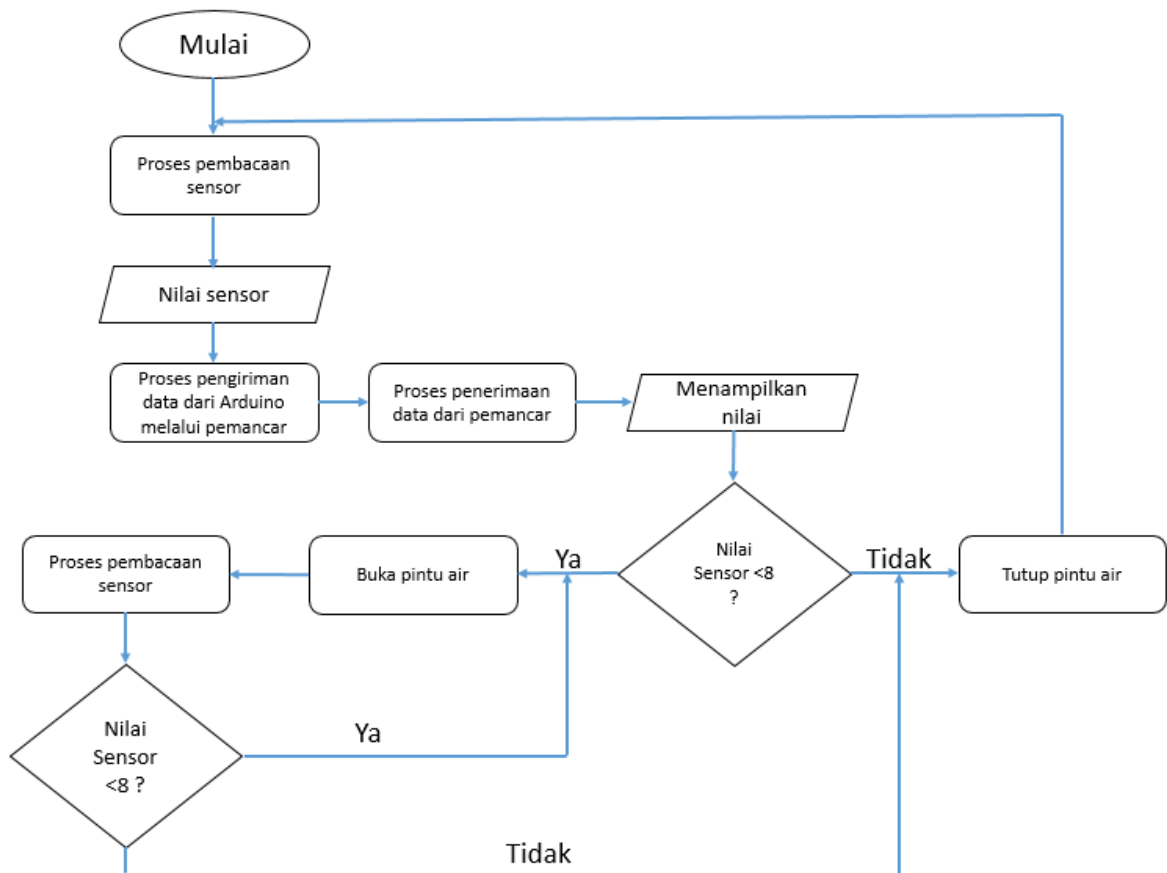
2.1 Pendekatan Fungsional dan Struktural

Gambar 1 merupakan blok diagram *prototype* sistem buka tutup pintu air otomatis secara umum



Gambar 1 Rancangan Blok Diagram Masukkan - Proses - Keluaran

Rangkaian prototype sistem ini terdiri atas 3 bagian utama, yaitu blok input, blok proses inti dan blok output. Blok input merupakan data yang diperoleh dari sensor ultrasonik yang kemudian masuk dalam blok proses inti. Proses ini berguna untuk mengolah data dari sensor yang kemudian dikirim melalui pemancar dan akan diterima oleh penerima. Data yang berhasil di terima segera dibaca Arduino Uno lalu diproses secara algoritma untuk di lanjutkan ke blok output. Blok output merupakan sistem penggerak pintu keamanan sesuai proses alogaritma yang sebelumnya dilakukan oleh Arduino.



Gambar 2 Diagram Alir Kerja Alat

Diagram alir (flowchart) cara kerja prototype sistem (Gambar 2) di mulai dari proses pembacaan data dan kemudian data tersebut dikirim melalui *transmitter* atau pemancar menuju *receiver* atau penerima yang terdapat pada sisi lain sistem yang hasilnya kemudian ditampilkan. Setiap perubahan data yang terjadi maka Arduino akan merespon perubahan tersebut sesuai algoritma yang akan dibuat oleh penulis, agar menjadi perintah gerak 'keamanan yang sesuai keinginan penulis. Apabila tidak terjadi perubahan, maka proses otomatis berulang kembali menuju proses pembacaan dan pengiriman data yang akan dilakukan oleh sistem.

Tabel 1 Kondisi dan hal yang akan dilakukan

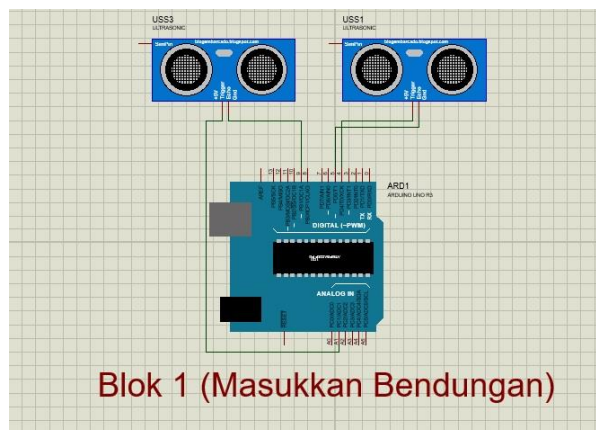
Kondisi Ketinggian Air	Hal Yang Dilakukan
Sungai Masukkan Tinggi (Awat), Bendungan Tinggi (Awat), Sungai Keluaran Tinggi (Awat)	Pintu air bendungan tetap dibuka sesuai dengan aturan ketinggian bukaan pintu yang telah ditetapkan.
Sungai Masukkan Tinggi (Awat), Bendungan Normal (Siaga), Sungai Keluaran Tinggi (Awat)	Pintu air bendungan tetap ditutup karna kondisi pada bendungan normal dan keadaan sungai sedang awat.
Sungai Masukkan Tinggi (Awat), Bendungan Tinggi (Awat), Sungai Keluaran Sedang (Siaga)	Pintu air bendungan tetap dibuka sesuai dengan aturan ketinggian bukaan pintu yang telah ditetapkan.
Sungai Masukkan Sedang (Siaga), Bendungan Tinggi (Awat), Sungai Keluaran Tinggi (Awat)	Pintu air bendungan tetap ditutup karna kondisi pada bendungan normal dan keadaan sungai sedang awat.
Sungai Masukkan Sedang (Siaga), Bendungan Normal (Siaga), Sungai Keluaran Sedang (Siaga)	Pintu air bendungan tetap ditutup karna semua kondisi normal.
Sungai Masukkan Sedang (Siaga), Bendungan Tinggi (Awat), Sungai Keluaran Sedang (Siaga)	Pintu air bendungan tetap dibuka sesuai dengan aturan ketinggian bukaan pintu yang telah ditetapkan, karna status pada bendungan awat.

2.2. Alat dan Bahan

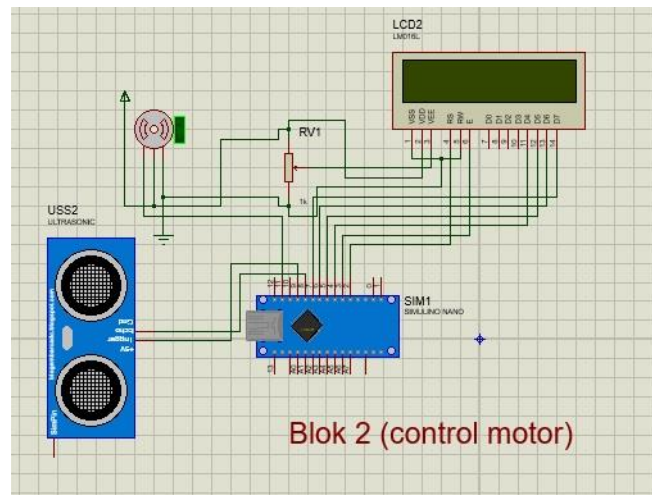
Peralatan dan perlengkapan pendukung yang dipakai dalam penelitian ini adalah perangkat keras berupa laptop, yang dilengkapi dengan software Proteus 8.0 dan IDE Arduino. Perlengkapan tersebut digunakan untuk simulasi dan pemrograman microcontroller yang berupa Arduino UNO R3 dan Arduino Nano. Adapun peralatan pendukung lain adalah berupa sensor ultrasonik HC-SR04, modul pemancar dan penerima 433 Hz, motor servo 90g dengan gear.

2.3. Perancangan dan Perakitan *Prototype* Alat

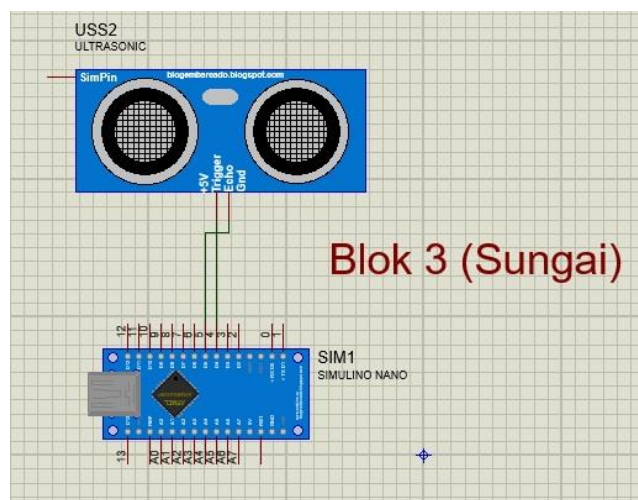
Perancangan *prototype* sistem buka tutup otomatis pada pintu air ini dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



Gambar 3 Sistem Deteksi Pada Sungai Masukkan



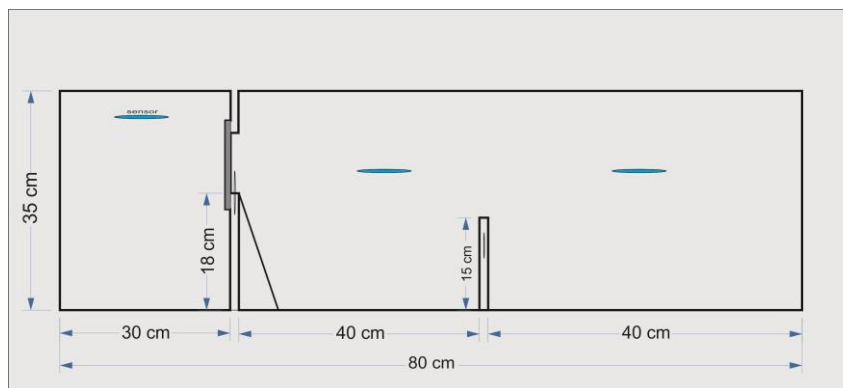
Gambar 4 Sistem Kendali Pintu air Bendungan



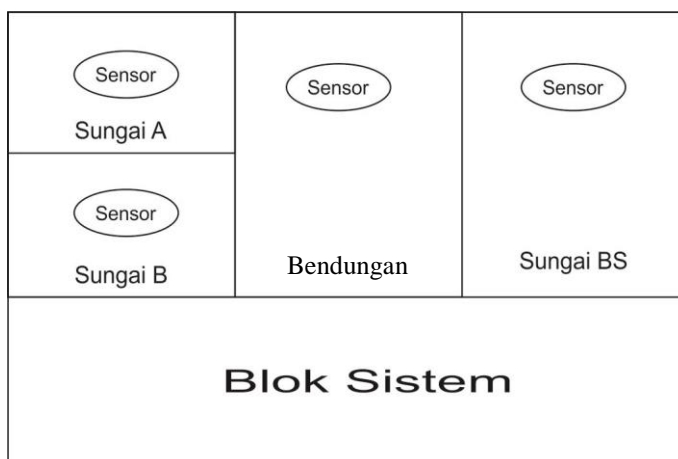
Gambar 5 Sistem Deteksi Pada Sungai Keluaran

Dari gambar blok *prototype* sistem di atas, tiap – tiap blok sistem memiliki fungsinya masing – masing sebagaimana telah diatur agar sesuai dengan kebutuhan. Blok 1 (gambar 3) memiliki fungsi mendeteksi perubahan ketinggian air sungai yang menjadi masukan untuk bendungan dan mengirimkan data hasil pembacaan sensor ke pusat kendali melalui media pemancar. Blok 2 (gambar 4) merupakan blok kendali pintu air, pada bagian ini terdapat sensor untuk mendeteksi perubahan ketinggian air di sekitar pintu air, dan juga terdapat motor yang akan menggerakkan pintu air keatas apabila nilai tertentu terpenuhi, dan sebaliknya akan menggerakkan ke bawah apabila suatu nilai juga terpenuhi. Blok 3 (gambar 5) memiliki peranan untuk mendeteksi perubahan ketinggian air sungai pada bagian keluaran bendungan, data yang diperoleh dari hasil pengamatan akan dikirim ke pusat kendali melalui media pemancar. Data yang dikirimkan akan diterima oleh penerima di pusat kendali, data yang diterima ini sebagai media informasi untuk petugas yang nantinya akan memantau kondisi daerah aliran sungai pada bendungan.

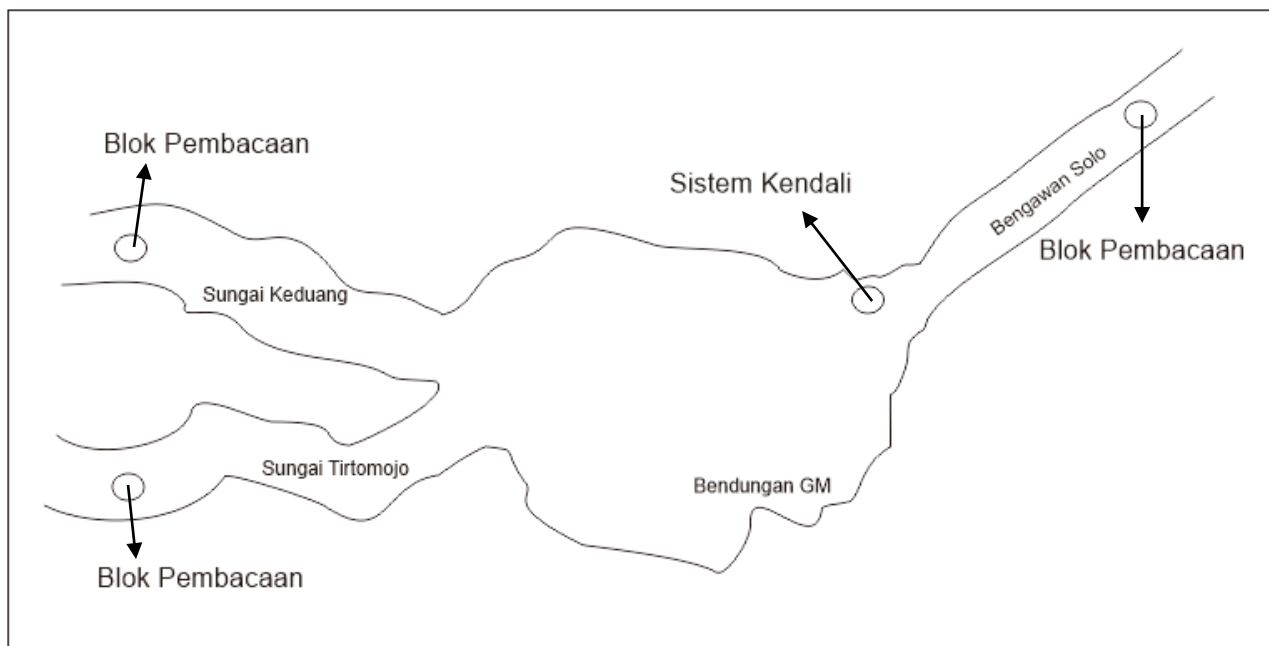
Setelah membuat rancangan sistem, maka dilanjutkan dengan membuat rancangan *prototype* sistem ke dalam skala model yang nantinya akan menjadi media percobaan, dapat dilihat pada gambar 6 dan 7.



Gambar 6 Model Bendungan Tampak Samping

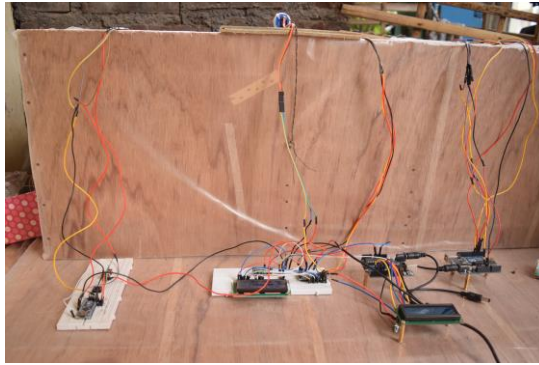


Gambar 7 Model Bendungan Tampak Atas

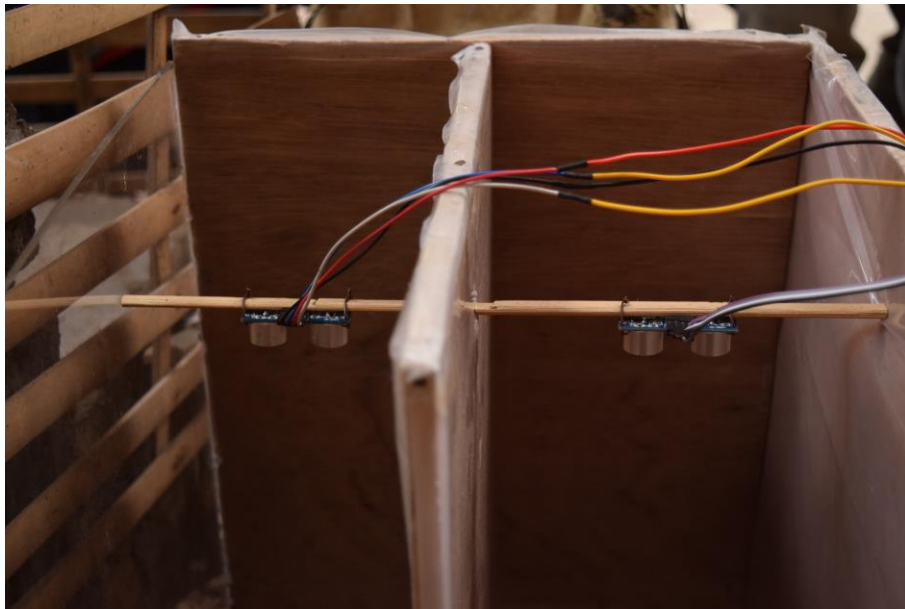


Gambar 8 Simulasi Aliran Sungai

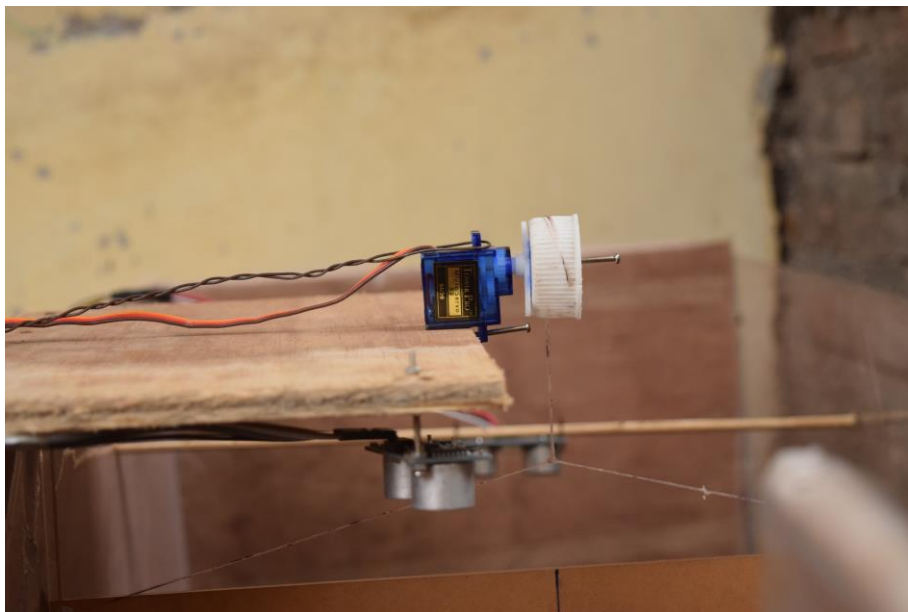
Setelah perancangan dan pembuatan model, maka di lanjutkan dengan perakitan *prototype* sistem buka tutup otomatis pintu air pada bendungan.



Gambar 9 Pemasangan Sistem Kendali Prototype



Gambar 10 Pemasangan Sensor Ultrasonik



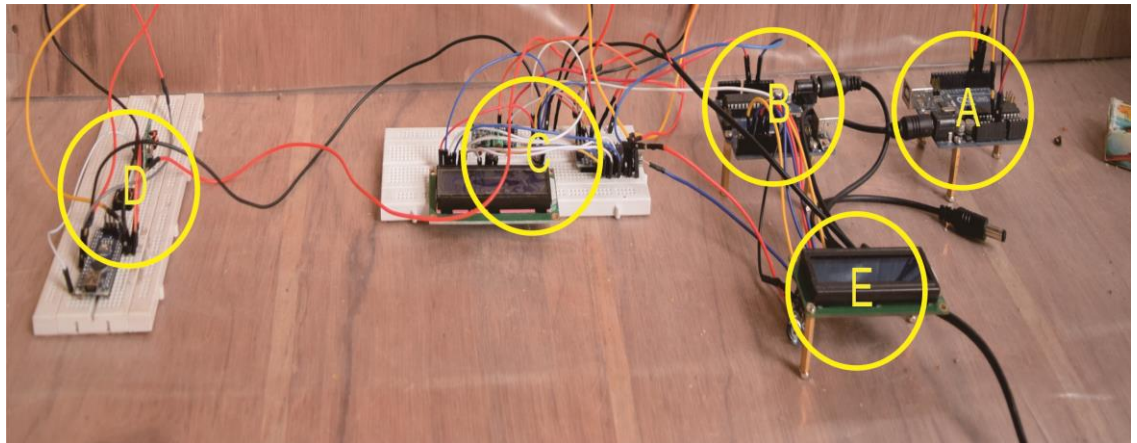
Gambar 11 Pemasangan Motor Penggerak

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian dan percobaan yang telah dilakukan oleh peneliti, mengenai pembuatan prototype sistem buka tutup pintu air otomatis pada bendungan. Dihasilkan sebuah sistem ahli yang mana dapat mendeteksi perubahan ketinggian air pada sungai masukan atau keluaran dan juga bendungan, hal ini apabila dimanfaatkan dan diterapkan maka dapat membantu mempermudah dalam pengecekan perubahan ketinggian air yang mana apabila data hasil dari sistem di butuhkan sewaktu - waktu dapat siap karna sifatnya *real time* atau sesuai kondisi pada saat itu.

3.1. Sistem Kendali

Sistem mendapatkan catu daya dari adaptor 12 volt DC dan 2 ampere yang dihubungkan secara paralel, untuk menjalankan sistem secara penuh. Adapun pembagian kebutuhan daya pada masing-masing kontrol / Arduino adalah 9 volt dan 0.5 ampere.

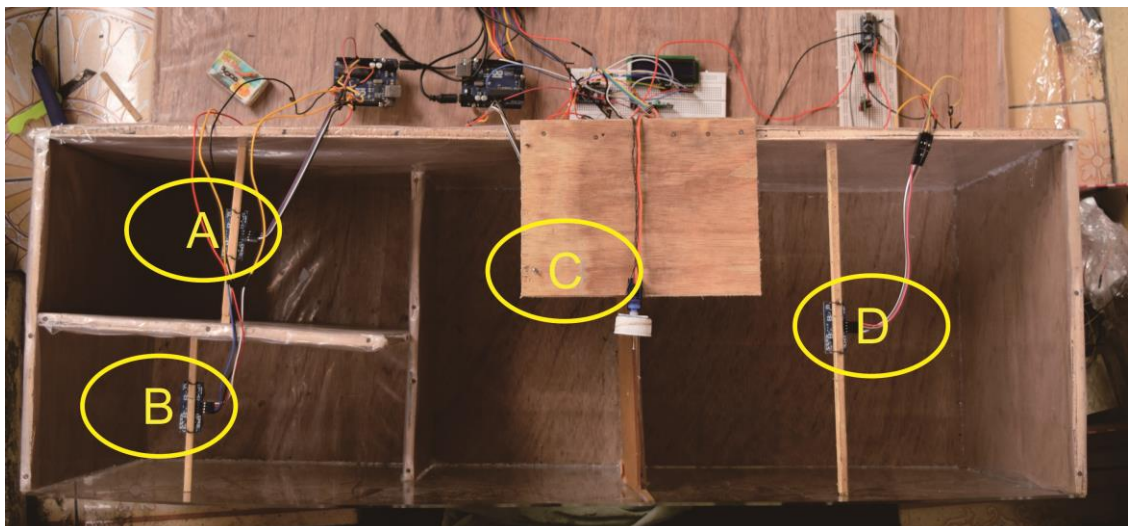


Gambar 12 Beberapa MCU yang saling terhubung

Gambar 11 bagian A merupakan unit Arduino yang terhubung dengan sensor ultrasonik untuk mendeteksi perubahan ketinggian air, serta berfungsi untuk mengirimkan data hasil pembacaan sensor melalui pemancar 433 Hz. Bagian B merupakan unit Arduino yang berfungsi untuk menerima data dari pemancar sehingga bagian ini terhubung dengan penerima dan lcd sebagai penampil data. Bagian C merupakan unit Arduino yang terhubung dengan sensor, lcd dan juga motor penggerak, adapun sensor berfungsi mendeteksi perubahan ketinggian, sedangkan motor berfungsi untuk menggerakkan pintu air ke atas (buka) dan ke bawah (tutup). Bagian D merupakan unit Arduino yang berfungsi mendeteksi ketinggian air dan mengirimkan data perubahan melalui pemancar, secara umum fungsi sama dengan bagian A. Bagian E hanya media penampil data hasil penerimaan dari pemancar, bagian ini menampilkan kondisi di setiap sungai kecuali bendungan, karna untuk penampil data ketinggian bendungan sudah ada pada bagian C.

3.2. Pendeteksi Ketinggian Air

Pendeteksi ketinggian air yang berupa sensor ultasonik dipasang pada masing – masing bagian, dan untuk pengaturan tiap bagian berbeda.



Gambar 13 Penempatan Sensor Tiap Bagian

Gambar 12 bagian A dan bagian B memiliki pengaturan yang sama dan terhubung pada 1 Arduino yang sama, adapun pengaturan dapat di lihat pada tabel 1.

Tabel 2 Range Status Ketinggian Air

No	Nilai Sensor	Status
1	0 – 10	Awas
2	10 – 51	Siaga

Gambar 12 bagian C memiliki pengaturan sebagai berikut, dapat dilihat pada tabel 2.

Tabel 3 Range Status Ketinggian Air Bendungan

No	Nilai Sensor	Status
1	0 – 8	Awas
2	9 – 51	Siaga

Gambar 12 bagian D memiliki pengaturan sebagai berikut, dapat dilihat pada tabel 3.

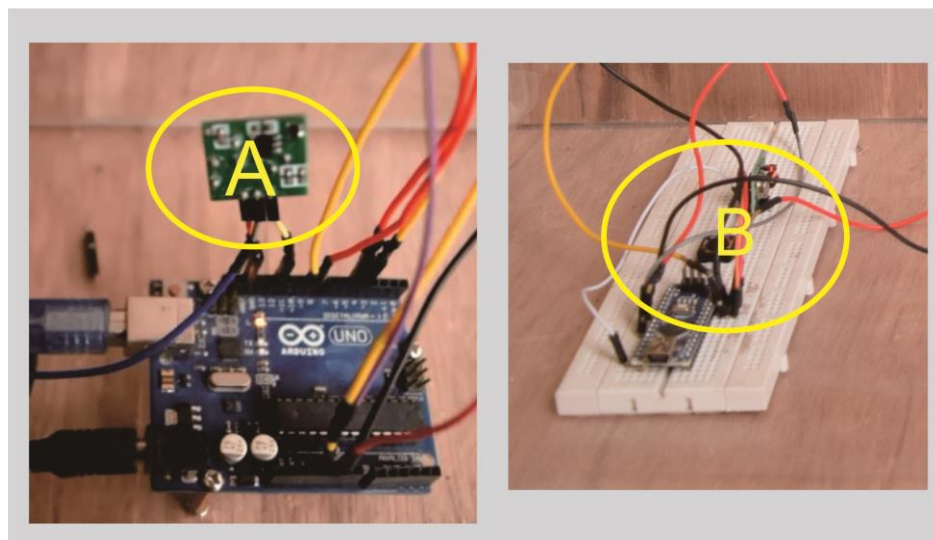
Tabel 4 Range Status Ketinggian Air Sungai Keluaran

No	Nilai Sensor	Status
1	0 - 20	Awas
2	21 - 51	Siaga

Skala nilai sensor pada tabel di atas dinyatakan dalam ukuran centimeter, tiap pertambahan 1 nilai berarti bertambah 1 centimeter. Semakin kecil nilai pada sensor maka kondisi pada bendungan semakin meningkat karna semakin dekat sensor dengan permukaan air yang menandakan ketinggian air berubah semakin tinggi.

3.3. Media Pengirim Data

Pengiriman data menggunakan modul transmitter 433 Hz yang dihubungkan dengan Arduino, adapun untuk pemasangan lebih jelasnya berikut gambar 13.



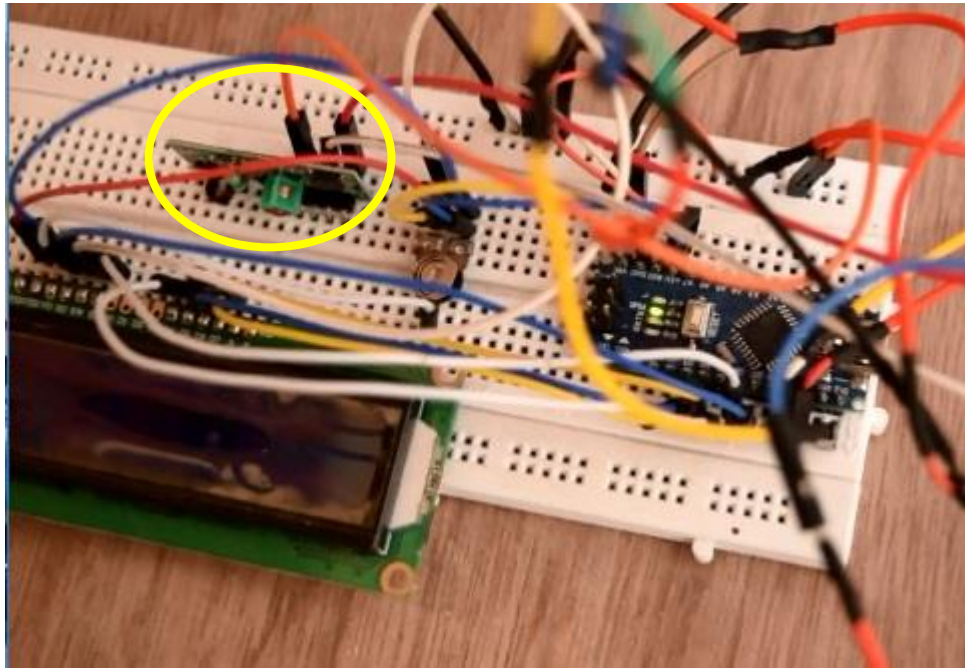
Gambar 14 Penempatan Modul Pemancar 433 Hz

Gambar 13 bagian A adalah pemancar yang terdapat pada gambar 16 bagian A, sedangkan bagian B yang terdapat pada gambar 16 bagian D. Perubahan ketinggian yang dideteksi oleh sensor akan dikirim datanya melalui pemancar dan akan

diterima oleh penerima dengan tipe data char, adapun isi data yang dikirim adalah status dari ketinggian yaitu, “SIAGA” dan “AWAS”.

3.4. Media Penerima Data

Penerimaan data menggunakan modul transmitter 433 Hz yang dihubungkan dengan Arduino, adapun untuk pemasangan lihat gambar 14.



Gambar 15 Pemasangan Modul Penerima 433 Hz

Data yang dikirim dari pemancar akan diterima oleh modul ini dan data tersebut diteruskan ke Arduino untuk diolah dan akan ditampilkan di lcd yang telah disiapkan. Data ini akan dijadikan sebagai media informasi pendukung bagi pusat kendali sistem.

4. PENUTUP

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dan juga percobaan mengenai kinerja sistem, dapat kami simpulkan bahwa sistem ini secara umum dapat diterapkan namun memerlukan banyak perbaikan khususnya dalam hal kehandalan dan daya tahan komponen elektronik dalam berbagai keadaan. Selain itu jika dalam hal prototype hasil yang telah di dapatkan bisa ditarik kesimpulan kalau sistem ini bekerja dengan baik, dan juga dapat dengan cepat merespon perubahan – perubahan yang telah di tentukan untuk penanganan banjir atau meluapnya ketinggian air dalam bendungan.

PERSANTUNAN

Penulis mengucapkan syukur kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan ridho-Nya dan juga Rasulullah SAW sehingga pembuatan *prototype* ini dapat terselesaikan dengan baik. Ucapan terimakasih yang pertama penulis berikan kepada kedua orang tua tercinta atas motivasi yang telah diberikan. Kedua, penulis mengucapkan terimakasih kepada Bapak Bambang Hari Purwanto S.T, M.T selaku dosen pembimbing yang telah memberi bimbingan dalam penelitian tugas akhir ini. Yang terakhir, penulis mengucapkan terimakasih kepada fajar, beny, ivan, dedy, dan seluruh rekan yang telah membantu dalam pemberian gagasan atau ide – ide maupun dalam pembuatan yang dilakukan oleh penulis.

DAFTAR PUSTAKA

- Arnawa, Sugiri I.G.M., Agung, Raka.I.G.P. 2016. Prototype Monitoring Ketinggian Air Bendungan Melalui Media Sosial Twitter Berbasis Mikrokontroller ATMEGA-328PU. *Majalah Ilmiah Teknik Elektro*, 14(2), 67-72.
- Panich, Surachai. 2010. *Comparison of Distance Measurement Between Stereo Vision and Ultrasonic Sensor*. *Journal of Computer Science*, 6(10), 1108-1110.
- Rinaldy., Christianti, Farid Risa., Supriyadi, Didi. 2014. Pengendalian Motor Servo yang Terintegrasi dengan Webcam

Berbasis Internet dan Arduino. Jurnal Infotel, 5(2).

Sheltami, Tarek R., Sattar, Danish., Shaksuki, Elhadi M., Mahmoud, Ashraf S. 2015. *Real-Time Performance Evaluation for Flooding and Recursive Time Synchronization Protocols over Arduino and Xbee*. International Journal of Distributed Sensor Network.

Youngtae, Jo., Choi, Jinsup., Jung, Inbum. 2014. *Traffic Information Acquisition System with Ultrasonic Sensors in Wireless Sensor Networks*. International Journal of Distributed Sensor Network.